

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN**

**FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES**



**GERMINACIÓN Y ESTABLECIMIENTO DE UNA PLANTACIÓN  
FORESTAL DE *ENTEROLOBIUM CYCLOCARPUM* (JACQ.)  
GRISEB EN MICHOACÁN, MÉXICO**

**POR  
ADRIAN BOTELLO MONTOYA**

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAestrÍA EN CIENCIAS FORESTALES**

**JUNIO, 2021**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN**

**FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES**



**GERMINACIÓN Y ESTABLECIMIENTO DE UNA PLANTACIÓN  
FORESTAL DE *ENTEROLOBIUM CYCLOCARPUM* (JACQ.)  
GRISEB EN MICHOACÁN, MÉXICO**


**POR  
ADRIAN BOTELLO MONTOYA**

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRÍA EN CIENCIAS FORESTALES**

**JUNIO, 2021**

**GERMINACIÓN Y ESTABLECIMIENTO DE UNA PLANTACIÓN FORESTAL DE  
*ENTEROLOBIUM CYCLOCARPUM* (JACQ.) GRISEB EN MICHOACÁN,  
MÉXICO**

Aprobación de Tesis



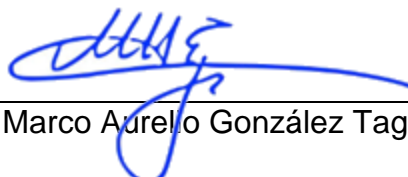
---

Dr. Eduardo Alanís Rodríguez  
Director



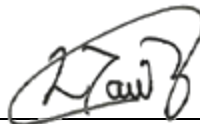
---

Dr. Eduardo Javier Treviño Garza  
Codirector



---

Dr. Marco Aurelio González Tagle  
Asesor



---

M.C. Luis Daniel Ruiz Carranza  
Asesor Externo

Junio, 2021

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma de Nuevo León y en especial al cuerpo de profesores-investigadores que fueron parte importante en mi formación académica como maestro en ciencias forestales.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el apoyo económico otorgado para realizar mis estudios de postgrado de maestría en ciencias forestales.

Al Dr. Eduardo Alanís Rodríguez, por todos los consejos y sugerencias, por el apoyo en todo momento, pero principalmente por la motivación para poder cumplir con el objetivo planteado.

Al Dr. Eduardo Javier Treviño Garza, por su indispensable participación en la presente investigación, por sus consejos y apoyo a lo largo del camino como estudiante.

Al Dr. Marco Aurelio Gonzáles Tagle, por su gran aportación en la presente investigación y apoyo en todo momento.

Al M.C. Luis Daniel Ruiz Carranza, quien en todo momento del periodo de investigación estuvo presente brindando el apoyo necesario para el desarrollo de la presente.

Al M.C. Jesús Eduardo Silva García, quien estuvo presente en esta trayectoria, mediante sus consejos y apoyo para poder hacer posible la mejora intelectual y académica de un compañero.

Al Rancho (Tulillos) propiedad del Sr. Samuel Ruiz, por permitir implementar el establecimiento de la plantación en su propiedad y hacer posible el desarrollo de la información valiosa para el impulso de la presente investigación.

A mi esposa Mónica Rubio Luna, compañera, el amor de mi vida, por su paciencia, amor, apoyo, cariño y comprensión a lo largo de esta etapa de postgrado, no lo

hubiera logrado sin ti, es un honor compartir las grandes y pequeñas batallas de la vida junto a ti, eres mi entusiasmo para seguir mejorando académicamente.

A mis hijos Adrián y Santiago Botello Rubio, quienes son los pilares de mi vida y por quien salgo día a día luchando contra el mundo, quienes esperaron todos esos días y meses para verme, siempre con alegría y sonrisa.

A mis padres Pedro Botello Jurado y Trinidad Montoya Nieves, quienes han estado conmigo toda mi vida brindándome su apoyo incondicional y quienes vieron en mi un orgullo como hijo, en este periodo de ausencia fueron el soporte de mis hijos y de mi esposa.

A mis hermanos Benjamín, Mari, Alicia, Ofelia, Odilia, Ana, Alma, Lorena, Pedro y Marbella, quienes me han apoyado incondicionalmente en todos mis proyectos de vida y que siempre fueron la motivación para salir adelante, ven forjado a un hombre que siempre los adorara con el alma.

A mis suegros Lucia y Silvestre por el apoyo durante esta etapa y difícil batalla, quienes apoyaron a mi familia en mi ausencia, así también a mis cuñados que nunca se negaron en el apoyo y motivación.

A mis compañeros de generación Nayeli, Blanca, Adela, Cipriano, Emmanuel, Martin, Erick, Cesar, Jesús por ser parte importante en la batalla juntos durante la estancia en el postgrado.

A mis amigos, compañeros y colegas, Ulises, Giovani, David, Obel, Dennis, Samuel, Berenise y Vianey, quienes estuvieron apoyándome incondicionalmente en esta etapa, que hoy se cumple, gracias.

**¡A todos gracias!**

## **DEDICATORIAS**

### **A Dios**

Por darme la fortaleza, conocimiento, salud y valor para poder cumplir las metas planteadas a lo largo de mi vida académica y por lo que está por venir.

### **Mis hijos (Santiago y Adrián)**

A ustedes les debo toda la motivación y esperanza para salir adelante, desde su llegada forjaron en mi el valor y la fuerza para superarme día a día, esta y mas batallas las espero con valor por estar a mi lado.

### **A mi esposa Mónica**

Por su paciencia, amor, motivación y compañía durante este periodo de vida, fue difícil el estar lejos, pero gracias a nuestro amor, todo se logró con éxito.

### **A mis padres Pedro y Trinidad**

Quienes han estado conmigo toda mi vida brindándome su apoyo incondicional y quienes vieron en mí un orgullo como hijo, en este periodo de ausencia fueron el soporte de mis hijos y de mi esposa.

### **A mis hermanos Benjamín, Mari, Alicia, Ofelia, Odilia, Ana, Alma, Lorena, Pedro y Marbella**

Quienes me han apoyado incondicionalmente en todos mis proyectos de vida y que siempre fueron la motivación para salir adelante, ven forjado a un hombre que siempre los adorara con el alma.

# ÍNDICE

<u>ÍNDICE DE FIGURAS .....</u>	<u>IVH</u>
<u>ÍNDICE DE TABLAS .....</u>	<u>VIV</u>
<u>RESUMEN .....</u>	<u>1</u>
<u>ABSTRACT .....</u>	<u>3</u>
<u>INTRODUCCIÓN .....</u>	<u>5</u>
<u>JUSTIFICACIÓN .....</u>	<u>7</u>
<u>HIPÓTESIS .....</u>	<u>8</u>
<u>OBJETIVOS .....</u>	<u>9</u>
<u>General .....</u>	<u>9</u>
<u>Específicos .....</u>	<u>9</u>
<u>CAPÍTULO I .....</u>	<u>11</u>
<u>GERMINACIÓN DE <i>ENTEROLOBIUM CYCLOCARPUM</i> (JACQ.) GRISEB CON DIFERENTES TRATAMIENTOS PREGERMINATIVOS EN MICHOACÁN .....</u>	<u>11</u>
<u>I.1. RESUMEN .....</u>	<u>11</u>
<u>I.2. ABSTRACT .....</u>	<u>12</u>
<u>I.3. INTRODUCCIÓN .....</u>	<u>13</u>
<u>I.4. MATERIALES Y MÉTODOS .....</u>	<u>15</u>
<u>I.4.1. Área de estudio .....</u>	<u>15</u>
<u>I.4.2. Colecta de la semilla .....</u>	<u>1516</u>
<u>I.4.3. Cálculo de semilla por kilogramo .....</u>	<u>16</u>
<u>I.4.4. Tratamientos pregerminativos .....</u>	<u>16</u>
<u>I.4.5. Toma de datos .....</u>	<u>17</u>
<u>I.4.6. Análisis estadístico .....</u>	<u>17</u>
<u>I.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</u>	<u>1819</u>
<u>CAPÍTULO II .....</u>	<u>25</u>
<u>EVALUACIÓN DE MEDIOS DE CULTIVO, TRATAMIENTOS PARA MITIGAR EL ESTRÉS HÍDRICO EN LA SOBREVIVENCIA Y VIGOROSIDAD DE UNA PLANTACIÓN DE <i>ENTEROLOBIUM CYCLOCARPUM</i> (JACQ.) GRISEB, EN MICHOACÁN .....</u>	<u>25</u>
<u>EVALUACIÓN DE MEDIOS DE CULTIVO, Y TRATAMIENTOS PARA MITIGAR EL ESTRÉS HÍDRICO EN LA SOBREVIVENCIA Y VIGOROSIDAD DE UNA PLANTACIÓN DE <i>ENTEROLOBIUM CYCLOCARPUM</i> (JACQ.) GRISEB, EN MICHOACÁN .....</u>	<u>26</u>
<u>II.1. RESUMEN .....</u>	<u>26</u>
<u>II.2. ABSTRACT .....</u>	<u>27</u>

<a href="#">II.3. INTRODUCCIÓN</a>	28
<a href="#">II.4. MATERIALES Y MÉTODOS</a>	29
<a href="#">II.4.1. Localización del área de estudio</a>	29
<a href="#">II.4.2. Establecimiento de la plantación</a>	30
<a href="#">II.4.3. Obtención y análisis de datos</a>	31
<a href="#">II.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</a>	32
<a href="#">II.6. CONCLUSIÓN</a>	36
<a href="#">II.7. BIBLIOGRAFÍA</a>	38
<a href="#">Índice de Figuras</a>	<a href="#">Índice de Figuras</a>
<a href="#">Índice de Tablas</a>	<a href="#">Índice de Tablas</a>
<a href="#">RESUMEN</a>	<a href="#">RESUMEN</a>
<a href="#">ABSTRACT</a>	<a href="#">ABSTRACT</a>
<a href="#">INTRODUCCIÓN</a>	<a href="#">INTRODUCCIÓN</a>
<a href="#">JUSTIFICACIÓN</a>	<a href="#">JUSTIFICACIÓN</a>
<a href="#">HIPÓTESIS</a>	<a href="#">HIPÓTESIS</a>
<a href="#">OBJETIVOS</a>	<a href="#">OBJETIVOS</a>
<a href="#">General</a>	<a href="#">General</a>
<a href="#">Específicos</a>	<a href="#">Específicos</a>
<a href="#">CAPÍTULO I</a>	<a href="#">CAPÍTULO I</a>
<a href="#">GERMINACIÓN DE ENTEROLOBIUM CYCLOCARPUM (JACQ.) GRISEB CON DIFERENTES TRATAMIENTOS PREGERMINATIVOS EN MICHOACÁN</a>	<a href="#">GERMINACIÓN DE ENTEROLOBIUM CYCLOCARPUM (JACQ.) GRISEB CON DIFERENTES TRATAMIENTOS PREGERMINATIVOS EN MICHOACÁN</a>
<a href="#">RESUMEN</a>	<a href="#">RESUMEN</a>
<a href="#">ABSTRACT</a>	<a href="#">ABSTRACT</a>
<a href="#">MATERIALES Y MÉTODOS</a>	<a href="#">MATERIALES Y MÉTODOS</a>
<a href="#">Área de estudio</a>	<a href="#">Área de estudio</a>
<a href="#">Colecta de la semilla</a>	<a href="#">Colecta de la semilla</a>
<a href="#">Cálculo de semilla por kilogramo</a>	<a href="#">Cálculo de semilla por kilogramo</a>
<a href="#">Tratamientos pregerminativos</a>	<a href="#">Tratamientos pregerminativos</a>



<a href="#">Toma de datos</a>	17
<a href="#">Análisis estadístico</a>	17
<a href="#">RESULTADOS Y DISCUSIÓN</a>	19
<a href="#">CAPÍTULO II</a>	25
<a href="#">EVALUACIÓN DE MEDIOS DE CULTIVO, Y TRATAMIENTOS PARA MITIGAR EL ESTRÉS HÍDRICO EN LA SOBREVIVENCIA Y VIGOROSIDAD DE UNA PLANTACIÓN DE ENTEROLOBIUM CYCLOCARPUM (JACQ.) GRISEB, EN MICHOACÁN</a>	25
<a href="#">EVALUACIÓN DE MEDIOS DE CULTIVO, Y TRATAMIENTOS PARA MITIGAR EL ESTRÉS HÍDRICO EN LA SOBREVIVENCIA Y VIGOROSIDAD DE UNA PLANTACIÓN DE ENTEROLOBIUM CYCLOCARPUM (JACQ.) GRISEB, EN MICHOACÁN</a>	26
<a href="#">RESUMEN</a>	26
<a href="#">ABSTRACT</a>	27
<a href="#">INTRODUCCIÓN</a>	28
<a href="#">Localización del área de estudio</a>	30
<a href="#">Establecimiento de la plantación</a>	30
<a href="#">Obtención y análisis de datos</a>	31
<a href="#">RESULTADOS Y DISCUSIÓN</a>	33
<a href="#">CONCLUSIÓN</a>	37
<a href="#">BIBLIOGRAFÍA</a>	38

## ÍNDICE DE FIGURAS

### CAPÍTULO I

Figura 1. Localización del área de estudio. ....	15
Figura 2. Curva de germinación diaria de las semillas de la especie <i>E. cyclocarpum</i> de acuerdo con el tratamiento de escarificación y sustrato aplicado. ....	20
Figura 3. Promedio de semillas germinadas de <i>E. cyclocarpum</i> de acuerdo con el tratamiento de escarificación aplicado. ....	22
Figura 4. Promedio de semillas germinadas de <i>E. cyclocarpum</i> por tipo de sustrato aplicado. ....	<u>23</u> <u>23</u>
Figura 5. Análisis de varianza de dos factores (sustrato-tratamiento de escarificación) para promedio de germinación de <i>Enterolobium cyclocarpum</i> . ....	<u>24</u> <u>24</u>

### CAPÍTULO I

Figura 1. Localización del área de estudio para la plantación de <i>E. cyclocarpum</i> .	30
Figura 2. Supervivencia de individuos con diferentes combinaciones de sustrato y tratamientos auxiliares.....	34
Figura 3. Incrementos en diámetro utilizando mezcla de tratamientos de riego auxiliar y tres diferentes sustratos. ..	<b>¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.</b> 35
Figura 4. Incrementos en altura utilizando mezcla de tratamientos de riego auxiliar y tres diferentes sustratos.....	<b>35</b> 36

## ÍNDICE DE TABLAS

### CAPÍTULO II

Tabla 1. Tipo de medio de cultivo y tratamiento de humedad auxiliar en la plantación de <i>E. cyclocarpum</i> . .....	<b>30</b> 34
---	--------------



## RESUMEN

Los bosques tropicales representan alrededor del 32% de la superficie forestal a nivel global; la ha ido disminuyendo por causas naturales y antropogénicas. Dentro de los ecosistemas forestales de vegetación tropical existen gran variedad de especies leñosas como es el caso de *Enterolobium cyclocarpum* que la sociedad utiliza para diferentes propósitos, resaltando: comercialización de madera, provisión de alimentos, forraje, infraestructura, entre otros. En el estado de Michoacán, es una especie ampliamente utilizada por sus características físicas, principalmente por la belleza estética que presenta su madera; no obstante, el uso irracional de esta especie, así como la dificultad para la germinación natural de la semilla ha repercutido negativamente en el incremento y establecimiento de su población, haciendo cada vez más difícil la reproducción natural. De acuerdo con lo anterior, el objetivo del estudio fue evaluar la germinación y el establecimiento de una plantación de *E. cyclocarpum* (Jacq.) Griseb en Michoacán. Por lo que se evaluaron diferentes tratamientos de germinación de semilla, medios de cultivo y tratamientos de humedad auxiliar con la finalidad de identificar cuáles de estos permiten aumentar las poblaciones de dicha especie. Entre los parámetros se evaluaron: tratamientos pregerminativos (escarificación por medio de pinzas mecánicas, Lixiviación con agua a 100° C, así como un testigo), medios de cultivo durante el proceso de reproducción (composta aeróbica, Mezcla de Peet Moos, Tierra de Monte) y tratamientos para mitigar el estrés hídrico (Hidrogel, riego y testigo). Para la muestra de germoplasma se colectaron 2000 semillas de diferentes arboles fenotípicamente superiores libres de plagas y enfermedades, con el propósito de tener variabilidad genética. Para el análisis estadístico se establecieron lotes de 20 semillas por tratamiento. Los datos fueron sometidos a una prueba de normalidad por medio de la prueba de Shapiro-Wilk y prueba de Levene para homogeneidad de varianzas; asimismo, para determinar diferencias significativas en los diferentes parámetros se realizó un análisis de varianza (ANOVA) de uno y dos factores. De igual forma, se utilizó la prueba de comparaciones múltiples de Tukey para

determinar diferencias con una significancia de  $p < 0.05$  utilizando el Software IBM © SPSS © Statistic versión 19. Los parámetros evaluados en la germinación fueron: porcentaje de germinación, germinación media diaria, vigor germinativo y valor pico, mismos que arrojaron valores de 820.2 g/ 1000 semillas, VG=78 %, VP=13, GMD=6. Además, se pudieron observar diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos pregerminativos con respecto a el testigo. Sin embargo, no existieron diferencias al compararse el tratamiento de escarificación mecánica y lixiviación. Para el caso de la sobrevivencia, los resultados obtenidos mostraron un mayor número de individuos vivos para el tratamiento que utilizó Hidrogel a 8 g con tierra de monte, obteniendo 39 individuos, seguido de la mezcla de riego mecanizado con tierra de monte, misma que arrojó un valor de 37 individuos vivos. Para el caso del testigo se obtuvo muy baja sobrevivencia, con 20 ejemplares. En cuanto a las variables dasométricas, el uso de composta con riego mostró los mayores incrementos en diámetro y altura; por el contrario, la utilización de hidrogel a 8 g y composta obtuvo los valores más bajos.

## ABSTRACT

Tropical forests represent around 32% of the forest area globally; it has been decreasing due to natural and anthropogenic causes. Within the forest ecosystems of tropical vegetation there are a great variety of woody species such as *Enterolobium cyclocarpum* that society uses for different purposes, highlighting: marketing of wood, provision of food, forage, infrastructure, among others. In the state of Michoacán, this species is widely used for its physical characteristics, mainly for the aesthetic beauty of its wood; However, the irrational use of this species, as well as the difficulty for the natural germination of the seed, has had a negative impact on the increase and establishment of its population, making its natural reproduction increasingly difficult. In accordance with the above, the objective of the study was to evaluate the germination and establishment of an *E. cyclocarpum* (Jacq.) Griseb plantation in Michoacán. Therefore, different seed germination treatments, culture media and auxiliary humidity treatments were evaluated to identify which of these allow increasing the populations of said species. Among the parameters were evaluated: pregerminative treatments (scarification by means of mechanical tweezers, leaching with water at 100 ° C, as well as a control), culture media during the reproduction process (aerobic compost, Peet Moos mix, forest soil) and treatments to mitigate water stress (Hydrogel, irrigation, and control). For the germplasm sample, 2000 seeds were collected from different phenotypically superior trees free of pests and diseases, with the purpose of having genetic variability. For the statistical analysis, lots of 20 seeds were established per treatment. The data were subjected to a normality test by means of the Shapiro-Wilk test and Levene's test for homogeneity of variances; Likewise, to determine significant differences in the different parameters, an analysis of variance (ANOVA) of one and two factors was performed. Similarly, Tukey's multiple comparison test was used to determine differences with a significance of  $p < 0.05$  using IBM © SPSS © Statistic Software version 19. The parameters evaluated in germination were germination percentage, daily average germination, germination vigor and peak value, which yielded values of 820.2 g / 1000 seeds,

VG = 78%, VP = 13, GMD = 6. In addition, statistically significant differences could be observed between the pregerminative treatments with respect to the control. However, there were no differences when comparing mechanical scarification and leaching treatment. In the case of survival, the results obtained showed a greater number of living individuals for the treatment that used Hydrogel at 8 g with forest soil, obtaining 39 individuals, followed by the mechanized irrigation mixture with forest soil, which yielded a value of 37 living individuals. In the case of the control, very low survival was obtained, with 20 specimens. Regarding the dasometric variables, the use of compost with irrigation showed the greatest increases in diameter and height; on the contrary, the use of hydrogel at 8 g and compost obtained the lowest values.



## INTRODUCCIÓN

La superficie nacional abarca aproximadamente 197 millones de hectáreas, de las cuales el 72% pertenece a ecosistemas forestales (CONAFOR, 2019). Dentro de estos, los bosques tropicales incluyen una gran diversidad de especies que pueden satisfacer necesidades ecológicas y económicas, proporcionando diferentes servicios ecosistémicos; sin embargo, a través de los años las actividades antropogénicas y naturales han tenido un impacto significativo en la disminución de la superficie arbolada del país (Hernández *et al.*, 2013).

*Enterolobium cyclocarpum*, comúnmente conocida como Parota o Huanacastle se encuentra en los bosques tropicales del continente americano (Martínez, 1966; Serratos Arévalo *et al.*, 2008). Esta especie ha sido catalogada como de gran importancia, debido a las características físicas y dasométricas que presenta, así como por sus propiedades ecológicas, alimenticias, medicinales e industriales especialmente (Vargas, 1997).

Entre la importancia ecológica de esta especie radica el uso para la recuperación de zonas deforestadas, ya que, al reproducirla con diferentes sustratos y tipos de tratamientos de establecimiento para mitigar el estrés hídrico, se da lugar a la sucesión ecológica promoviendo el establecimiento de nuevas especies (Van Kessel *et al.*, 1983; Vázquez-Yanes *et al.*, 1999). Económicamente, esta especie es de gran importancia al encontrarse en el listado de maderas preciosas de acuerdo con la Organización Internacional de las maderas tropicales (OIEMT), además, sus vainas se utilizan como forraje (Espejel y Martínez, 1979; Serratos, 2000).

De acuerdo con los atributos que tiene *E. cyclocarpum* autores definen su importancia para establecer plantaciones comerciales (Benítez *et al.*, 2004); sin embargo, las características físicas de la semilla, presenta dificultad en la germinación de los embriones, complicando de esta manera la regeneración natural de la especie (Baskin y Baskin, 2004; Viveros-Viveros *et al.*, 2015). Por lo anterior, es necesario aplicar tratamientos pregerminativos que promuevan la

emergencia de embriones en menor tiempo, además es importante identificar que tratamiento permite reducir el estrés hídrico en un medio de cultivo para promover un mayor porcentaje de sobrevivencia y mayor desarrollo.

De acuerdo con lo anterior se elaboraron los siguientes capítulos de investigación: Capítulo I: Germinación de *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb con diferentes tratamientos pregerminativos en Michoacán. En este capítulo se evaluó la capacidad germinativa de semillas, el Valor Germinativo (VG), el Valor pico (VP) y Germinación Media Diaria (GMD). Adicionalmente, se determinaron diferencias significativas en tres tipos de sustrato y dos tratamientos pregerminativos, por medio de un análisis de varianza de un factor (tratamiento pregerminativo) y dos factores (tratamiento<sup>1</sup>, sustrato<sup>2</sup>); así como una prueba de medias de Tukey.

Capítulo II: Plantación de *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb con diferentes tratamientos para mitigar el estrés hídrico en Michoacán. Dentro de este apartado, el objetivo fue evaluar la sobrevivencia y calidad de planta de acuerdo con los incrementos en las variables dasométricas de *E. cyclocarpum* a través de la utilización de tres tipos de sustratos (composta aeróbica, tierra de monte y Peat moss) previamente formulados en combinación con un riego auxiliar y retenedores de humedad (riego e hidrogel a 4 g y 8 g). Para determinar diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, se realizó un análisis de varianza de dos factores y una prueba de comparaciones múltiples de Tukey con un nivel de significancia de  $p < 0.05$ .

## JUSTIFICACIÓN

En los últimos años la especie *E. cyclocarpum* ha tenido gran auge, debido sobre todo a las características ecológicas y la estética que la madera presenta, convirtiéndola en una especie ampliamente utilizada para la fabricación de diferentes productos maderables y en programas de restauración de suelos degradados (Viveros-Viveros *et al.*, 2015). Pero debido al uso irracional de esta especie, el cambio de uso de suelo y la ganadería extensiva han provocado que la reproducción sea cada vez más complicada (Vargas, 1997). Asimismo, la especie tiene propiedades en las semillas que dificultan su propagación por lo cual es necesario conocer los tipos de tratamientos que pueden disminuir esta problemática Hernández-Hernández *et al.* (2019).

Además de conocer las características físicas y químicas que las semillas presentan, es importante definir que medio de cultivo y riesgos auxiliares permiten aumentar el porcentaje de sobrevivencia y promover un mejor desarrollo de la planta, sobre todo en periodos de estiaje que cada vez son más frecuentes.

Conforme a lo anterior, la presente investigación tuvo como objetivo determinar que tratamientos pregerminativos pueden mejorar la tasa germinativa, el valor germinativo y la tasa de germinación media diaria de las semillas de *E. cyclocarpum*. Además, determinar el mejor medio de cultivo y tipo de riego que permita aumentar el porcentaje de sobrevivencia y las características dasométricas de la especie evaluada.

## HIPÓTESIS

- i) El uso de tratamientos pregerminativos permite aumentar el número de embriones emergentes, así como un valor pico en menor tiempo, comparado con un testigo.
- ii) Por medio de la retención de humedad inducida aumentará el porcentaje de sobrevivencia en una plantación de *E. cyclo carpum*.
- iii) Los medios de cultivo en combinación con algún tipo de tratamiento para mitigar el estrés hídrico pueden mejorar las características dasométricas de *E. cyclo carpum*.

## **OBJETIVOS**

### **General**

- Determinar el efecto de los tratamientos pregerminativos, medios de cultivo y tratamientos para mitigar el estrés hídrico en la sobrevivencia y vigorosidad de una plantación de *E. cyclocarpum* en Michoacán, México.

### **Específicos**

- Evaluar el porcentaje de germinación de germoplasma para cada tratamiento pregerminativo en la especie *E. cyclocarpum*.
- Evaluar la sobrevivencia, vigorosidad y variables dasométricas de la planta por efecto de cuatro tratamientos para mitigar el estrés hídrico de *E. cyclocarpum* en primer año posterior a su establecimiento.

## CAPÍTULO I

### GERMINACIÓN DE *ENTEROLOBIUM CYCLOCARPUM* (JACQ.) GRISEB CON DIFERENTES TRATAMIENTOS PREGERMINATIVOS EN MICHOACÁN



Fotografía *E. cyclocarpum* en un bosque de Michoacán



Fotografía de plántula *E. cyclocarpum*

# CAPÍTULO I

## GERMINACIÓN DE *ENTEROLOBIUM CYCLOCARPUM* (JACQ.) GRISEB CON DIFERENTES TRATAMIENTOS PREGERMINATIVOS EN MICHOACÁN

### I.1. RESUMEN

*Enterolobium cyclocarpum* es una especie perteneciente a la familia de las leguminosas, forma parte de la selva baja caducifolia y es comúnmente utilizada para la recuperación de áreas degradadas. Su reproducción natural se dificulta por la dureza de su semilla en condiciones naturales, por lo que se emplean diferentes técnicas para asegurar su reproducción. Se establecieron tratamientos pregerminativos a la semilla como: escarificación mecánica con pinzas, inmersión en Agua a 100° C por 10 minutos y el testigo. Posteriormente fueron sembradas en diferentes medios de cultivo para identificar la diferencia del crecimiento inicial de acuerdo con diferentes sustratos (composta aeróbica, Mezcla de Peet Moos, Tierra de Monte). El diseño experimental fue completamente al azar utilizando cinco réplicas de 20 semillas por tratamiento de ruptura de latencia, dando lugar a 300 semillas por sustrato. Se evaluó la tasa germinativa, Valor Germinativo (VG), Valor pico (VP) y Germinación Media Diaria (GMD). Se realizó un ANOVA de un factor (tratamiento<sup>1</sup>, sustrato<sup>2</sup>) y dos factores (tratamiento y sustrato). Se encontró un peso de 820.2 g/ en 1000 semillas. Asimismo, se obtuvo una VG=78 %, VP=13, GMD=6. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos de escarificación mecánica con pinzas, lixiviación en agua a 100° C contra el testigo. Sin embargo, no existieron diferencias al compararse el tratamiento de escarificación mecánica, contra la lixiviación. Asimismo, para el caso de sustratos, es posible utilizar cualquiera de los propuestos, ya que no presentaron diferencias significativas y su influencia no es notable en la germinación de la semilla.

## I.2. ABSTRACT

*Enterolobium cyclocarpum* is a species belonging to the legume family, it is part of the low deciduous forest and is commonly used for the recovery of degraded areas. Its natural reproduction is hampered by the hardness of its seed under natural conditions, so different techniques are used to ensure its reproduction. Pre-germination treatments were established for the seed such as: mechanical scarification with tweezers, immersion in Water at 100 ° C for 10 minutes and the control. Subsequently, they were sown in different culture media to identify the difference in initial growth according to different substrates (aerobic compost, Peet Moos Mix, Tierra de Monte). The experimental design was completely randomized using five replicates of 20 seeds per dormancy break treatment, giving rise to 150 seeds per substrate. The germination rate, Germination Value (VG), Peak Value (VP) and Average Daily Germination (GMD) were evaluated. An ANOVA of one factor (treatment1, substrate2) and two factors (treatment and substrate) was performed. A weight of 820.2 g / in 1000 seeds was found. Likewise, a VG = 78%, VP = 13, GMD = 6 were obtained. Statistically significant differences were found between the mechanical scarification treatments with tweezers, leaching in water at 100 oC against the control. However, there were no differences when comparing the mechanical scarification treatment against leaching. Likewise, for the case of substrates, it is possible to use any of the proposed ones since they did not present significant differences and their influence is not notable on the germination of the seed.



### I.3. INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas forestales conformados por bosques tropicales, subtropicales, boreales y templados ocupan el 31 % de la superficie del planeta, con aproximadamente 4,060 millones de hectáreas (FAO y PNUMA, 2020). Sin embargo, debido a las actividades antropogénicas, el territorio forestal ha ido disminuyendo a un ritmo alarmante en las últimas décadas, teniendo una pérdida de 178 millones de hectáreas desde 1990 a 2020 (FAO y PNUMA, 2020).

México cuenta con una extensión territorial de 196.7 millones de hectáreas de las cuales el 70% está ocupado por ecosistemas forestales en sus diferentes tipos de vegetación (CONAFOR, 2019). Sin embargo, el crecimiento poblacional, la demanda de alimento, aprovechamiento irracional, la expansión de las áreas urbanas y factores ambientales han ocasionado grandes pérdidas en las superficies de bosques, selvas y matorrales (Aguirre, 2015).

En las últimas décadas las selvas tropicales han sufrido deforestación y fragmentación intensa. Estas perturbaciones crean espacios desprovistos de vegetación mucho más grandes que los cambios naturales, con ello se reduce la capacidad de regeneración natural de la selva (Kappelle *et al.*, 1999).

En los últimos años el aprovechamiento excesivo e irracional ha disminuido la población de diferentes especies tropicales, como es el caso de *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb, por lo que es importante recuperar las poblaciones de esta especie. La importancia de esta especie radica en el interés por su madera, la cual es considerada preciosa por su resistencia y veteado (Martínez *et al.*, 1979; Moya *et al.*, 2009; Muñoz-Flores *et al.*, 2016).

La semilla de *Enterolobium cyclocarpum* presenta testa dura e impermeable, que da lugar a germinación lenta y dispereja. De manera natural se tiene una germinación de un 8 %, consecuentemente disminuye el porcentaje de propagación haciendo difícil su regeneración natural. Para eliminar la latencia en semillas se propone la aplicación de tratamientos pregerminativos, con el fin de

suavizar la testa, perforarla o romperla para hacerla permeable sin causar daños al embrión (Buch *et al.*, 1997).

Los tratamientos pregerminativos utilizados en esta investigación consisten principalmente en escarificación manual con pinzas y por lixiviación (inmersión en agua a 100° C) y el testigo) (Hernández y García, 1980). Al aplicarlos correctamente pueden acelerar el proceso de emergencia de embriones (Hernández *et al.*, 2001). Los tratamientos pregerminativos son de ayuda en el proceso de germinación de semillas; sin embargo, es necesario definir qué tipo de tratamiento y medio de cultivo se adapta mejor a cada especie en particular (Viveros-Viveros *et al.*, 2015).

Acorde con lo anterior, el objetivo del estudio fue determinar cuál es el tratamiento pregerminativo y medio de cultivo más adecuado para aumentar el porcentaje de germinación y velocidad de emergencia de embriones de *E. cyclocarpum*.

## I.4. MATERIALES Y MÉTODOS

### I.4.1. Área de estudio

El área de estudio se ubicó en la región conocida como Tierra Caliente, en el estado de Michoacán, entre las coordenadas 19°18'33.51 N y 100°52'32.31 O, en el municipio de Tzitzio, Figura 1. El área se encuentra a una altitud de 750 m. De acuerdo con la clasificación de Köppen modificada por García (2004), el tipo de clima predominante es A (Wo) clasificado como cálido subhúmedo con lluvias en verano y un porcentaje de lluvia invernal que oscila de 5 a 10%; precipitación media anual de 700 a 900 mm y temperatura media anual de 24 a 28 °C (INEGI, 2007). El tipo de suelo, de acuerdo con la clasificación FAO/UNESCO modificada por DETENAL (1974) es Vertisol crómico, considerado como suelo arcilloso.

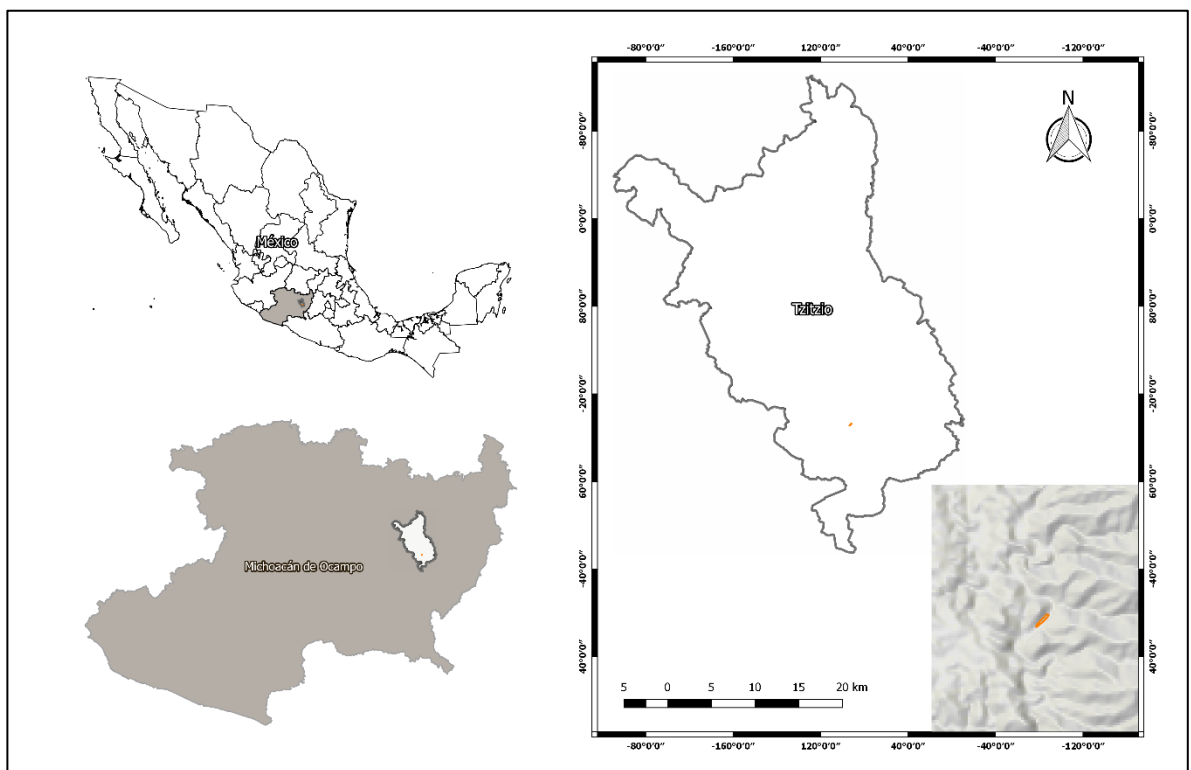


Figura 1. Localización del área de estudio.

### I.4.2. Colecta de la semilla

La colecta de semilla se llevó a cabo en el mes de mayo y julio del 2019, con la finalidad de obtener semillas con variabilidad genética, el germoplasma se colectó

de 12 árboles fenotípicamente superiores, libres de plagas y enfermedades con altura mínima de 10 m. La colecta de vainas se realizó en los diferentes ángulos de la copa (Shaw y Allard 1982).

El secado de vainas se realizó a la intemperie dentro del área de estudio, monitoreando y controlando la presencia de insectos y hongos para obtener semilla sana. Bajo un proceso de veneficio de semilla se extrajo el material genético libre de impurezas, posteriormente se sometió a un proceso de desinfección utilizando Hipoclorito de sodio (NaClO) con una concentración del 5% durante 12 horas.

#### **I.4.3. Cálculo de semilla por kilogramo**

Una vez obtenido el germoplasma libre de impurezas, se extrajeron 8 lotes de 50 semillas que fueron pesadas en una balanza analítica (Precisión en mg, marca Rhino modelo BAPRE-3). Con los valores obtenidos se calculó el peso de 1000 semillas conforme a la ecuación propuesta por la ISTA (1993).

$$\text{Número de semillas por kg} = \frac{\text{No. de semillas que contiene la muestra} \times 1000}{\text{peso de la muestra en gramos}}$$

#### **I.4.4. Tratamientos pregerminativos**

Se utilizaron 5 lotes con 20 semillas por tratamiento pregerminativo: 1) escarificación mecánica utilizando pinzas, 2) inmersión en agua a 100 °C durante 10 minutos y 3) testigo. Para el proceso de siembra se utilizaron tres medios de cultivo: 1) Mezcla de peat moss, vermiculita y agrolita, 2) Composta aeróbica y 3) Tierra de Monte.

#### **Siembra**

Las semillas se sembraron en bolsa de polietileno de 13 X 25 cm y bajo malla sombra al 50 %, esta se realizó en las primeras semanas de julio del 2019.

Se proporcionaron riegos periódicos cada tres días para mantener la humedad de la planta, sin aplicar fertilizante químico, se realizó monitoreo y control de plagas y enfermedades.

#### **I.4.5. Toma de datos**

La obtención de datos se realizó en los primeros 3 días posteriores a la siembra, monitoreándose cada tercer día durante 21 días. Se contabilizó y registró el número de semillas germinadas y fallidas por tratamiento y medio de cultivo (González, 2014; ISTA, 1993).

Los parámetros evaluados fueron: porcentaje de germinación, germinación media diaria, vigor germinativo y valor pico, La capacidad germinativa se obtuvo como el porcentaje de semilla que germinó, con base en la cantidad de plántulas que emergieron del total sembrado durante 21 días; la germinación media diaria, al dividir los porcentajes de germinación acumulados diariamente entre la longitud en días del periodo de cada evaluación; el valor pico fue la máxima germinación acumulada, se utilizó la siguiente fórmula (Czabator, 1962).

$$VG = VP * GMD$$

Donde:

VG: Vigor Germinativo

VP: Valor Pico

GMD: Germinación media diaria

#### **I.4.6. Análisis estadístico**

Se realizó la prueba de Shapiro-Wilk para determinar si existe normalidad en la distribución de los datos de germinación para cada bloque. En los datos donde no existió normalidad se aplicó el logaritmo natural  $X = \text{Log}(x+1)$ . Para comprobar homogeneidad de varianzas se utilizó la prueba de Levene.

Para identificar diferencias entre tratamientos se realizó un Análisis de Varianza (ANOVA) de un factor con un nivel de significancia de  $P < 0.05$ . Conjuntamente se

realizó un (ANOVA) de dos factores, para determinar la existencia de diferencias entre tratamientos y medios de cultivo.

Se utilizó la prueba de comparaciones múltiples de Tukey para establecer diferencias con un nivel de significancia de  $p < 0.05$ . Los análisis estadísticos se realizaron utilizando el Software IBM © SPSS © Statistic versión 19 (Zar, 2010).

## **I.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Con respecto a la obtención del peso de 1000 semillas se obtuvo una cifra de 820.2 gramos, este valor es similar con los resultados de otras investigaciones

realizadas por Viveros-Viveros *et al.*, (2015) y Sautu *et al.*, (2006) quienes obtuvieron un peso de 836.4 y 807.8 g. Lo anterior puede deberse a las condiciones biofísicas del terreno donde las características climáticas pueden tener cierta similitud.

De acuerdo con los datos obtenidos es posible apreciar tres grupos de curvas de germinación entre los tratamientos y los medios de cultivo utilizado en los diferentes bloques (Figura 2). El primer grupo lo conforman los tres tratamientos de escarificación con pinzas, que alcanzaron el mayor porcentaje de germinación a los 13 días. El segundo grupo lo conforman los de inmersión en agua hirviendo por 10 minutos, que alcanzaron su mayor porcentaje de germinación al día 24. El tercer grupo se conformó por los tratamientos testigo, obteniendo valores de germinación menores de 8% al día 24. Referente a la velocidad de emergencia de embriones y el punto máximo de germinación, esta tendencia es similar a la reportada por Come (1982) y Viveros-Viveros *et al.* (2015), quienes mencionan que es posible identificar a través de la curva, que los diferentes tratamientos logran su mayor porcentaje en un lapso determinado, posteriormente estabilizan la curva, donde el porcentaje germinativo ya no es significativo.

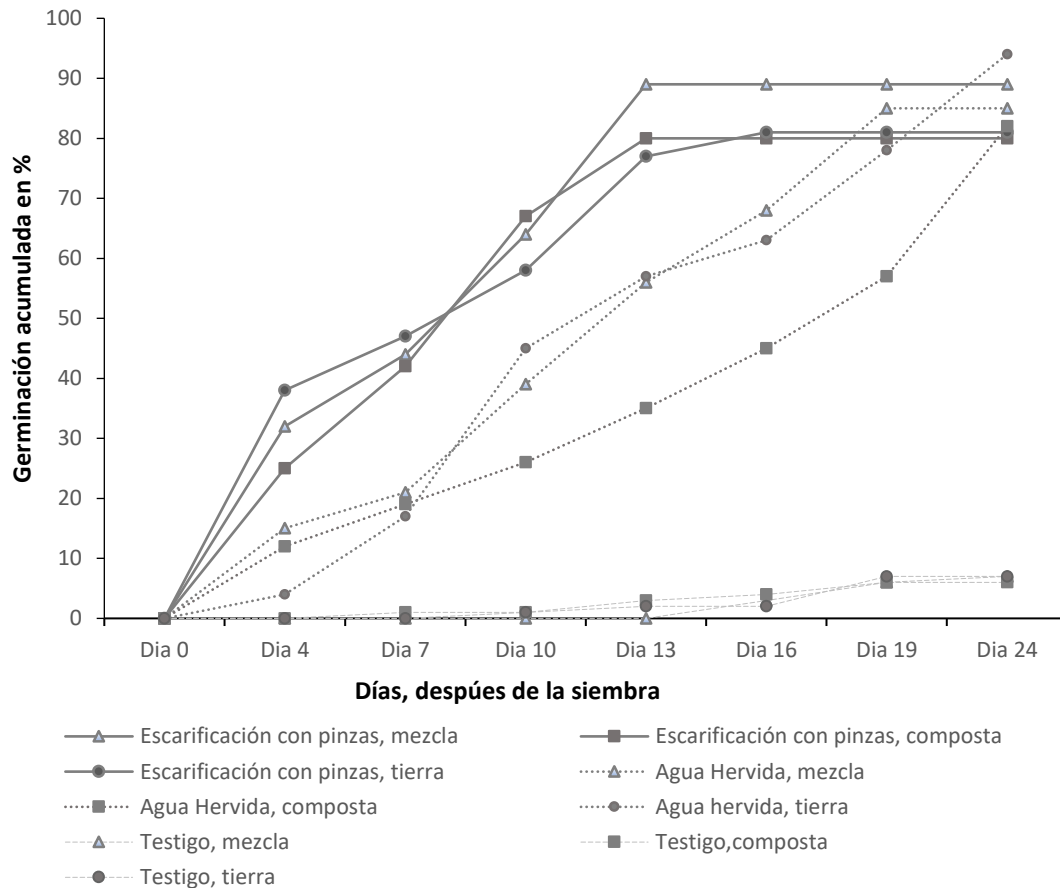


Figura 2. Curva de Germinación diaria de las semillas de la especie *E. cyclocarpum* de acuerdo con el tratamiento de escarificación y sustrato aplicado.

El método de escarificación mecánica por medio de pinzas en los tres tipos de sustrato acelera el proceso de germinación, iniciando la emergencia de embriones a los 4 días. Lo anterior es similar a lo reportado por Hernández *et al.* (2001), quienes demostraron un inicio del proceso de germinación a los 6 días, con un valor pico a los 13-16 días utilizando el tratamiento de inmersión en agua hervida por 10 minutos en la misma especie. Asimismo, se asemejan con los resultados de Viveros-Viveros *et al.* (2015), quienes determinaron un lapso de 6 días para el inicio de germinación en semillas de *Enterolobium cyclocarpum* utilizando escarificación mecánica con la ayuda de pinzas. Los resultados



anteriores concuerdan en que el uso de tratamientos de escarificación mecánica tiene mejores resultados, ya que están en contacto directo al romper la testa, la cual presenta una dureza significativa que naturalmente es difícil de romper, asimismo en combinación con

Los tratamientos pregerminativos presentaron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ). Los tratamientos de escarificación mecánica y lixiviación fueron similares estadísticamente entre sí, pero diferentes del testigo. El tratamiento de escarificación por lixiviación (agua a 100° C) fue ligeramente mejor que el resto, con un valor promedio de  $17.4 \pm 2.13$  semillas germinadas, seguido por el método de escarificación mecánica (por medio de pinzas), mismo que arrojó una cifra de  $16.6 \pm 1.29$  semillas germinadas.

El lote promedio de semillas sin tratamiento (testigo), presentó un valor inferior con un promedio de  $1.4 \pm 1.29$  semillas germinadas (Figura 3). Los tratamientos de lixiviación y escarificación mecánica arrojan los mejores resultados, por lo cual son recomendables para optimizar tiempo y recursos. Los resultados reflejan una similitud con estudios de semilla de *Leucaena leucocephala* (Lamb.) de Wit. Y *Prosopis juliflora* (Sw.) DC., conducidos por Sánchez-Paz y Ramírez-Villalobos (2006) quienes obtuvieron un mayor porcentaje de germinación, utilizando agua a 80° C por 10 minutos; así como con Lozano *et al.* (2017), cuando al aplicar el mismo tratamiento con un periodo equivalente en *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) obtuvieron un 75% de germinación, especies con características similares en la semilla.

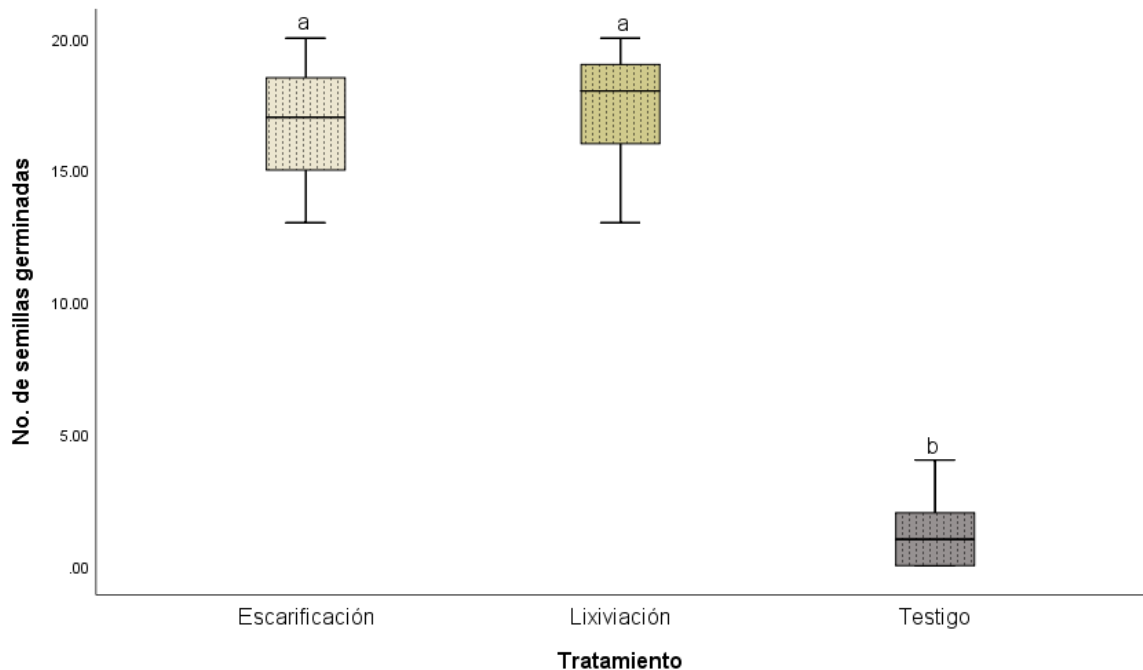


Figura 3. Promedio de semillas germinadas de *E. cyclocarpum* de acuerdo con el tratamiento de escarificación aplicado.

El tratamiento de escarificación mecánica suele presentar mejores resultados al romper la latencia física y disminuir el tiempo de emergencia de embriones, tal como lo menciona Marroquín (2018), cuando, utilizando lija para romper la testa, obtuvo los mejores resultados aumentando considerablemente la emergencia de embriones de diferentes especies arbóreas de matorral espinoso. Los tratamientos pregerminativos ayudan a aumentar la velocidad de germinación; no obstante, el uso de medios de cultivo puede además incrementar el porcentaje. Con respecto a los sustratos utilizados no existieron diferencias significativas, lo cual indica que ninguno tuvo un efecto potencializador en el número de semillas germinadas. (Figura 4). Lo anterior es contrario a los resultados obtenidos por Hernández-Hernández *et al.* (2019), que al utilizar una mezcla de sustrato diferente a los mencionados anteriormente tuvieron resultados por encima del 90% de germinación al combinarlo con un tratamiento de escarificación mecánica al igual que en este estudio.

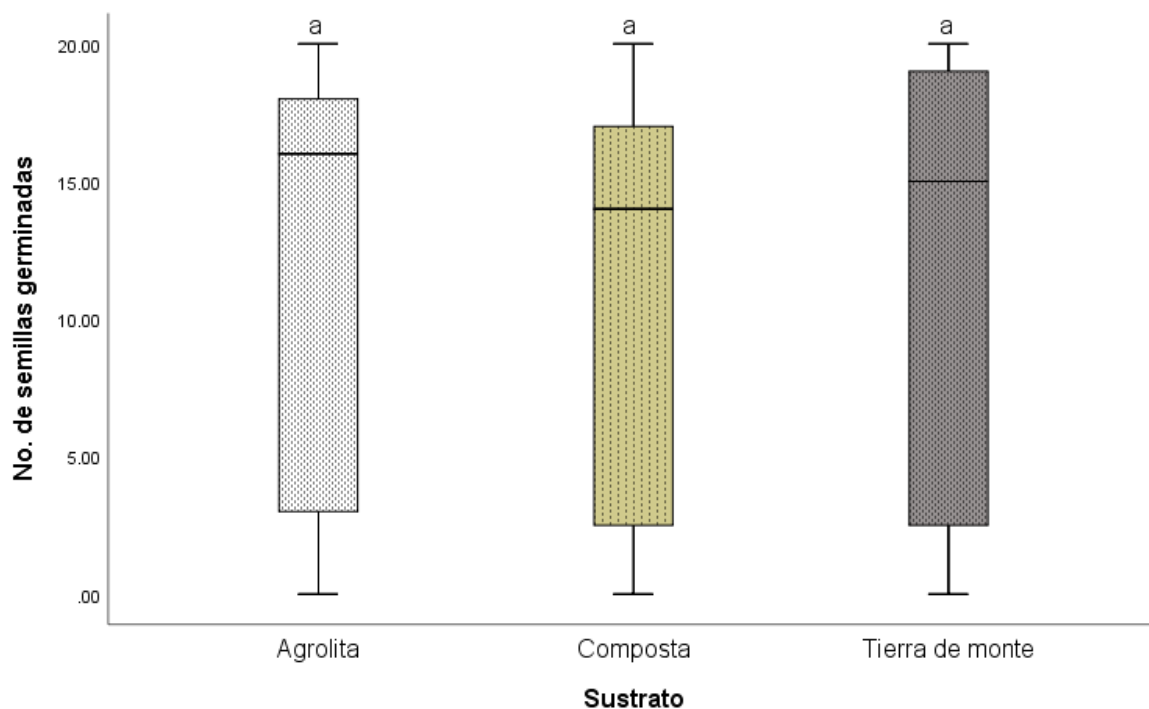


Figura 4. Promedio de semillas germinadas de *E. cyclocarpum* por tipo de sustrato aplicado.

Con relación al ANOVA de dos factores, los resultados arrojan diferencias significativas entre los tratamientos de escarificación mecánica y lixiviación con respecto al testigo en los tres sustratos utilizados. Los sustratos utilizados no presentaron diferencias significativas ( $p= 0.375$ ), por lo que sugieren que cualquier tipo de sustrato es óptimo para la germinación. El uso de sustratos con algún tipo de escarificación presenta un porcentaje de germinación mucho mayor a aquellas que no asumen un tratamiento específico (Figura 5). Lo anterior concuerda con lo reportado por Sánchez *et al.* (2005) quienes aluden que la combinación de tratamientos pregerminativos con otras técnicas o medios de cultivo compuestos por diferentes tipos de sustratos, incrementan la capacidad de germinación en las semillas de diferentes especies que muestran testas impermeables a la humedad. Marroquín (2018) indica que el tratamiento pregerminativo mecánico asociado con un buen sustrato, aumenta la tasa germinativa en diferentes especies leguminosas, como el caso particular de *E. cyclocarpum*. Por otro lado, los resultados en el uso de sustratos se asemejan a los de Viveros-Viveros *et al.* (2015), quienes indican que el medio de cultivo no

tiene relevancia con respecto al aumento en la germinación, ya que tiene influencia directa el tratamiento pregerminativo y no el tipo de sustrato utilizado.

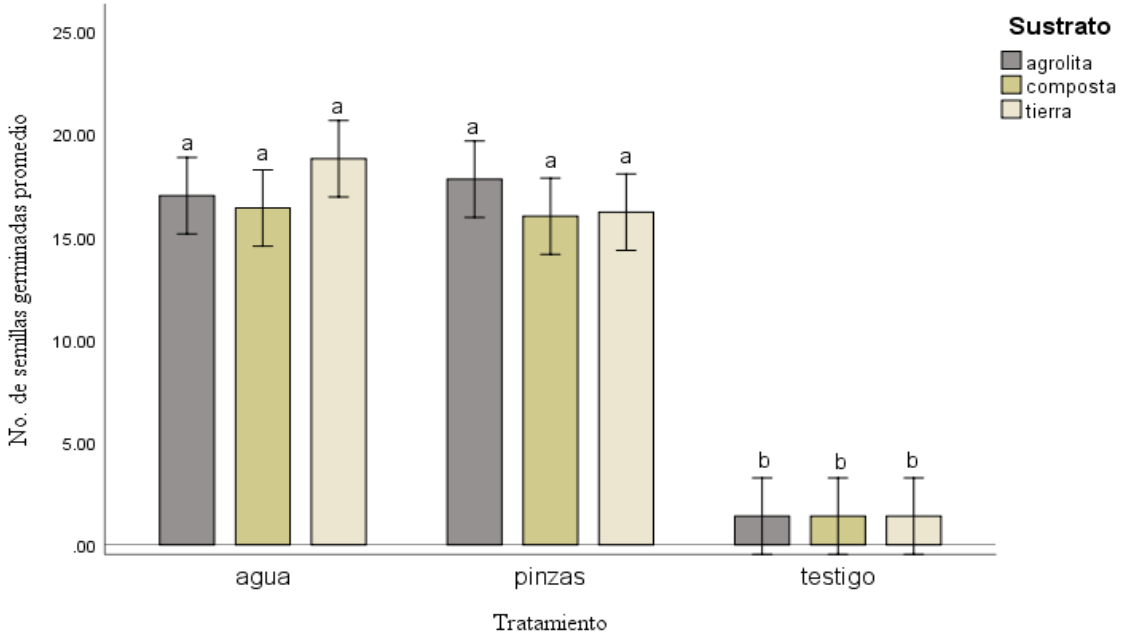


Figura 5. Análisis de varianza de dos factores (sustrato-tratamiento de escarificación) para promedio de germinación de *Enterolobium cyclocarpum*.

## CAPÍTULO II

### EVALUACIÓN DE MEDIOS DE CULTIVO, TRATAMIENTOS PARA MITIGAR EL ESTRÉS HÍDRICO EN LA SOBREVIVENCIA Y VIGOROSIDAD DE UNA PLANTACIÓN DE *ENTEROLOBIUM CYCLOCARPUM* (JACQ.) GRISEB, EN MICHOACÁN



# EVALUACIÓN DE MEDIOS DE CULTIVO, Y TRATAMIENTOS PARA MITIGAR EL ESTRÉS HÍDRICO EN LA SOBREVIVENCIA Y VIGOROSIDAD DE UNA PLANTACIÓN DE *ENTEROLOBIUM CYCLOCARPUM* (JACQ.) GRISEB, EN MICHOACÁN

## II.1. RESUMEN

*Enterolobium cyclocarpum* es una especie forestal tropical de multipropósito, cuyo crecimiento y supervivencia en plantaciones comerciales y reforestaciones se desconoce. El objetivo fue evaluar las diferencias en crecimiento y supervivencia de una plantación de *E. cyclocarpum* bajo diferentes medios cultivo, un tipo de riego y retenedores de humedad a diferentes tasas. La plantación se estableció en un sitio degradado, donde se utilizaron 600 plantas establecidas en diseño a marco real con arreglo multifactorial de 4 x 3. Se utilizaron tres medios de cultivo (Mezcla de Vermiculita Agrolita y Mezcla de Peat Moss, Composta aeróbica y Tierra de Monte) combinando tres tratamientos de para mitigar el estrés hídrico (Riego, hidrogel 2g/planta, hidrogel 4g/planta y testigo). Se realizó un ANOVA de dos factores y comparación de medias para determinar diferencias significativas con una significancia de  $p < 0.05$ . Los resultados obtenidos de supervivencia mostraron que el uso de hidrogel y riego combinado con tierra de monte generaron una tasa de supervivencia ligeramente más alta contrario a los demás medios de cultivo. Para el caso de crecimiento en diámetro la combinación de composta y riego mostraron valores más altos con  $8 \pm 1$  mm, el uso de hidrogel no mostró buenos resultados con este medio de cultivo. En altura, el crecimiento más alto se registró utilizando composta y riego con  $58 \pm 9$  cm. El uso de mezcla de sustratos químicos no promovió un mayor crecimiento en las variables evaluadas.

## II.2. ABSTRACT

*Enterolobium cyclocarpum* is a multipurpose tropical forest species, whose growth and survival in commercial plantations and reforestations is unknown. The objective was to evaluate the differences in growth and survival of an *E. cyclocarpum* plantation under different culture media, a type of irrigation and moisture retainers at different rates. The plantation was established in a degraded site, where 600 plants established in a real frame design with a 4 x 3 multifactorial arrangement were used. Three culture media were used (Agrolite Vermiculite Mixture and Peat Moss Mixture, Aerobic Compost and Soil Mount) combining three treatments to mitigate water stress (Irrigation, hydrogel 2g / plant, hydrogel 4g / plant and control). A two-factor ANOVA and comparison of means was performed to determine significant differences with a significance of  $p < 0.05$ . The survival results obtained showed that the use of hydrogel and irrigation combined with forest soil generated a slightly higher survival rate, contrary to the other cultivation media. For the case of growth in diameter, the combination of compost and irrigation showed higher values with  $8 \pm 1$  mm, the use of hydrogel did not show good results with this culture medium. In height, the highest growth was recorded using compost and irrigation with  $58 \pm 9$  cm. The use of a mixture of chemical substrates did not promote greater growth in the variables evaluated.

### II.3. INTRODUCCIÓN

*Enterolobium cyclocarpum* es una especie forestal multipropósito (Couttolenc-Brenis *et al.*, 2005) que se desarrolla dentro de ecosistemas tropicales como selvas altas perennifolias, medianas subcaducifolias, medianas subperennifolias y bajas caducifolias (Salas-Morales *et al.* 2003, Pennington y Sarukhán 2005). En México su distribución va desde Sinaloa a Chiapas por el pacífico y de Tamaulipas hasta Campeche por el Golfo de México (Pennington y Sarukhán 2005).

En las zonas donde se desarrolla esta especie, es utilizada principalmente para fines de restauración de sitios degradados, sistemas agroforestales y silvopastoriles, así como en plantaciones forestales comerciales (Muñoz-Flores *et al.*, 2016; Velasco-García *et al.*, 2020). Sin embargo, la sobrevivencia de esta especie es baja y se desconoce qué factores pudieran influir, dentro de los cuales se asocia principalmente esta problemática a el origen del germoplasma (Muñoz *et al.*, 2013), las áreas propuestas de plantación y plagas y enfermedad (Cibrián, 2013; Velasco-García *et al.*, 2020).

En México el uso irracional de esta especie principalmente para fines comerciales (Jiménez-Pascual, 2011) ha repercutido de forma negativa en su reproducción natural, donde la madera que se aprovecha proviene de árboles aislados y masas fragmentadas (Olivares-Pérez *et al.* 2011). Por ellos es de gran importancia establecer plantaciones que permitan asegurar el éxito en el establecimiento y de esta especie. No obstante, es necesario realizar investigación que permita tener una mejor comprensión sobre los factores que puedan afectar su condición para mejorar la sobrevivencia y productividad en diferentes zonas de interés (White *et al.* 2007; Hernández- Hernández *et al.*, 2019)

En México se han elaborado diversos estudios sobre el crecimiento en diámetro y altura, así como la sobrevivencia (Makocki y Valdez-Hernández 2001, Foroughbakhch *et al.* 2006, Jiménez-Pascual 2011). Sin embargo, para el



estado de Michoacán la información es escasa, donde la mayor parte de los estudios se ha centrado específicamente en el uso de tratamientos pregerminativos, crecimientos en vivero y adaptación de procedencias (Quino-Pascual 2013, Viveros-Viveros *et al.* 2017)

Los anterior hace necesario conocer los factores que influyen en el porcentaje de sobrevivencia, así como determinar qué tipos de medios de cultivo y tratamientos para mitigar el estrés hídrico pueden aumentar dicho porcentaje y mejorar las características físicas de esta especie en plantaciones forestales comerciales o reforestaciones. Acorde con lo anterior el objetivo del presente estudio fue, determinar que medio de cultivo, riego o retenedor de humedad, permite aumentar el porcentaje de sobrevivencia y aumentar la vigorosidad de una plantación de *E. cyclocarpum*, con respecto al testigo.

## **II.4. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **II.4.1. Localización del área de estudio**

El área de estudio donde se estableció la plantación se ubicó en la región conocida como Tierra Caliente, geográficamente referenciada entre las coordenadas 19°18'33.51 N y 100°52'32.31 N, en el municipio de Tzitzio, Michoacán. El área se encuentra a 750 msnm, con clima cálido subhúmedo A (Wo) con lluvias en verano; precipitación media anual de 700 a 900 mm, y temperatura media anual de 24 a 28 °C (INEGI, 1985). El tipo de suelo, de acuerdo con la clasificación FAO/UNESCO modificada por DETENAL (2004) es Vertisol crómico, considerado como suelo arcilloso, de color pardo o rojizo.

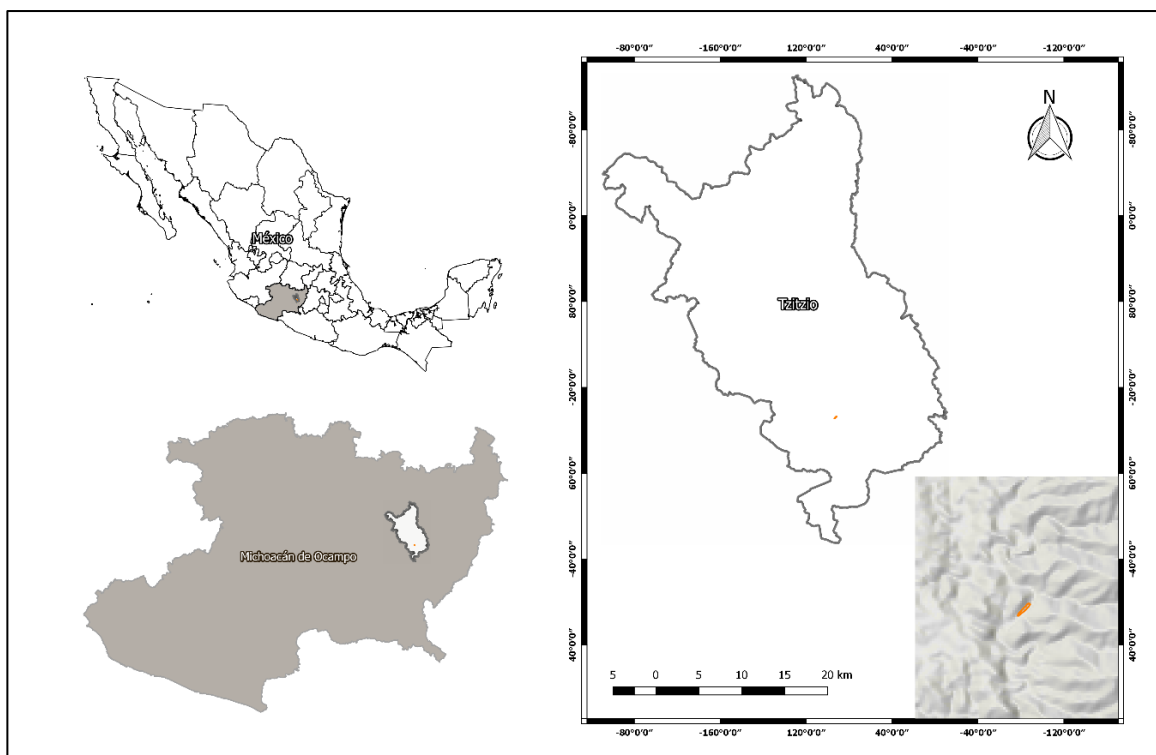


Figura 6. Localización del área de estudio para la plantación de *E. cyclocarpum*.

#### II.4.2. Establecimiento de la plantación

El establecimiento de la plantación se llevó a cabo en un sitio degradado por actividades agrícolas. Se consideraron 200 plantas por tipo de sustrato establecidas sobre un diseño de marco real con una equidistancia de 4 m. Los medios de cultivo fueron: 1) Mezcla de Peat Moss, vermiculita, y agrolita, 2) Composta aeróbica y 3) Tierra de Monte. En los medios de cultivo utilizados se combinaron con tres tipos de tratamientos para mitigar el estrés hídrico y un testigo: 1) Riego, 2) hidrogel (2g/planta), 3) hidrogel (4g/planta) y 4) condiciones naturales (testigo)

Tabla I. Tipo de medio de cultivo y tratamiento de humedad auxiliar en la plantación de *E. cyclocarpum*.

<i>Enterelobium cyclocarpum</i> (Jacq.) Griseb											
Mezcla				Composta aeróbica				Tierra de monte			
Riego	Hidrogel (2g)	Hidrogel (4g)	Testigo	Riego	Hidrogel (2g)	Hidrogel (4g)	Testigo	Riego	Hidrogel (2g)	Hidrogel (4g)	Testigo
50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50

### II.4.3. Obtención y análisis de datos

Para la obtención de los datos se realizó un análisis multifactorial con 12 tratamientos, bajo un arreglo 4 x 3, en los cuales se colocó una etiqueta con un número de identificación para cada individuo, registrado en una base de datos con las características específicas de cada individuo. En estos se consideró la evaluación del crecimiento en altura y diámetro, sobrevivencia, vigor y sanidad.

Para el cálculo de sobrevivencia se utilizó la ecuación desarrollada por la CONAFOR, (2010), la cual estima cuantitativamente el éxito de una plantación con base en la influencia de los factores naturales del sitio.

$$P = \frac{\sum_{i=1}^n ai}{\sum_{i=1}^n mi} \times 100$$

donde:

$\sum_{i=1}^n$  = sumatoria de los datos de acuerdo con la variable a o m.

P = proporción estimada de árboles vivos.

ai = número de plantas vivas en el sitio de muestreo *i*.

mi = número de plantas vivas y muertas en el sitio de muestreo *i*.

Para determinar la normalidad en la distribución de datos en cada bloque se realizó la prueba Kolmogorov & Smirnov. Para los datos que no presentaron normalidad, se aplicó la normalización por medio de logaritmo natural  $X = \text{Log}(x+1)$  y homogeneidad de varianzas se utilizó la prueba de Levene. Para determinar la existencia de diferencias estadísticamente significativas se realizó un análisis de varianzas (ANOVA) de dos factores (medio de cultivo y tratamiento de humedad auxiliar), así como la comparación de medias de Tukey con una significancia de  $p < 0.05$ . Los análisis estadísticos se llevaron a cabo utilizando el Software IBM © SPSS © Statistic versión 19 (Zar, 2010).

## II.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con relación a los resultados obtenidos a través de ANOVA de dos factores (sustrato y tratamiento), se determinaron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ), donde el mayor porcentaje de sobrevivencia de individuos se obtuvo por medio de la combinación que incluyó Hidrogel 8 g con Tierra de monte estableciendo una sobrevivencia de 39 individuos, seguido de aquellos que contuvieron una mezcla de riego con tierra de monte. Los resultados obtenidos por Hernández-Hernández *et al.*, (2019) concuerdan con este estudio, ya que mencionan que la mayor tasa de sobrevivencia de *E. cyclocarpum* se llevó a cabo en sitios donde el alto contenido de nutrientes en el suelo influyó de forma positiva en este factor. También, Craven *et al.*, (2007) mencionan que en sitios donde la precipitación es mayor el porcentaje de sobrevivencia de *E. cyclocarpum* aumenta

considerablemente, lo cual es similar a este estudio, donde el uso diferentes tipos de humedad auxiliar aumentaron el porcentaje de sobrevivencia.

Los promedios más altos de individuos vivos se obtuvieron con una composición de riego e hidrogel con diferentes proporciones y un sustrato a base de mezcla de fertilizantes químicos y tierra de monte, generando una cifra de 37 individuos vivos. Por el contrario, las cifras más bajas fueron los tratamientos testigo, donde no se aplicó tratamiento alguno para promover mayor humedad en el sustrato resultando con un promedio de 20 individuos vivos. Lo anterior coincide con Barrientos-Ramírez *et al.*, (2015), quienes mencionan que la mayor cantidad de individuos vivos de *E. cyclocarpum* está fuertemente influenciada por la cantidad de nutrientes en suelo y las características climáticas del sitio donde se desarrollan. Asimismo, Quino-Pascual *et al.*, (2015) determina que la sobrevivencia está ligada a la altitud y el sitio donde se recolecta la semilla.

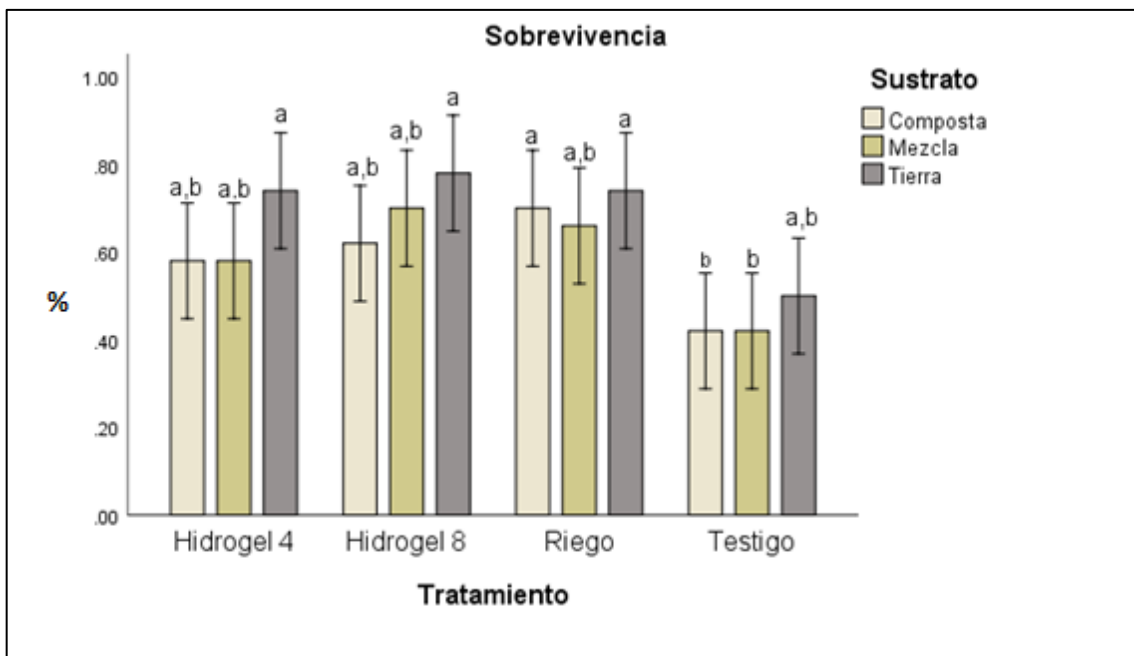


Figura 7. Sobrevivencia de individuos con diferentes combinaciones de sustrato y tratamientos auxiliares.

El crecimiento en diámetro para los individuos analizados fue superior en aquellos que se desarrollaron utilizando riego por aspersión y composta

alcanzando hasta  $8 \pm 1$  mm. Los incrementos medios se obtuvieron por medio de hidrogel a 8 g y riego, combinándolos con mezcla de sustratos químicos y tierra de monte con valores de  $6 \pm 1$  mm. Contrario a los resultados anteriores, los valores más bajos se determinaron con hidrogel a 4 g y el tratamiento testigo con composta y mezcla de sustratos químicos obteniendo cifras de  $3 \pm 1$ . Lo resultados anteriores pueden concordar con los obtenidos por Basave-Villalobos *et al.*, (2014) quienes demostraron que la combinación de sustratos con una mayor cantidad de nutrientes químicos adicionales promueve un mejor desarrollo en las plantas de *E. cyclocarpum*, específicamente en el crecimiento diamétrico. Pineda-Herrera *et al.* 2017, mencionan que el crecimiento diamétrico está relacionado con las variables ambientales, así como con la cantidad de nutrientes en el suelo, donde sus resultados fueron más altos en sitios con mejores condiciones. Lo anterior concuerda con los resultados obtenidos, ya que los mayores crecimientos se obtuvieron en plantas con mayor cantidad de nutrientes y humedad aumentando considerablemente en comparación con aquellos donde no se aplicó algún tipo de nutriente adicional o riego auxiliar.

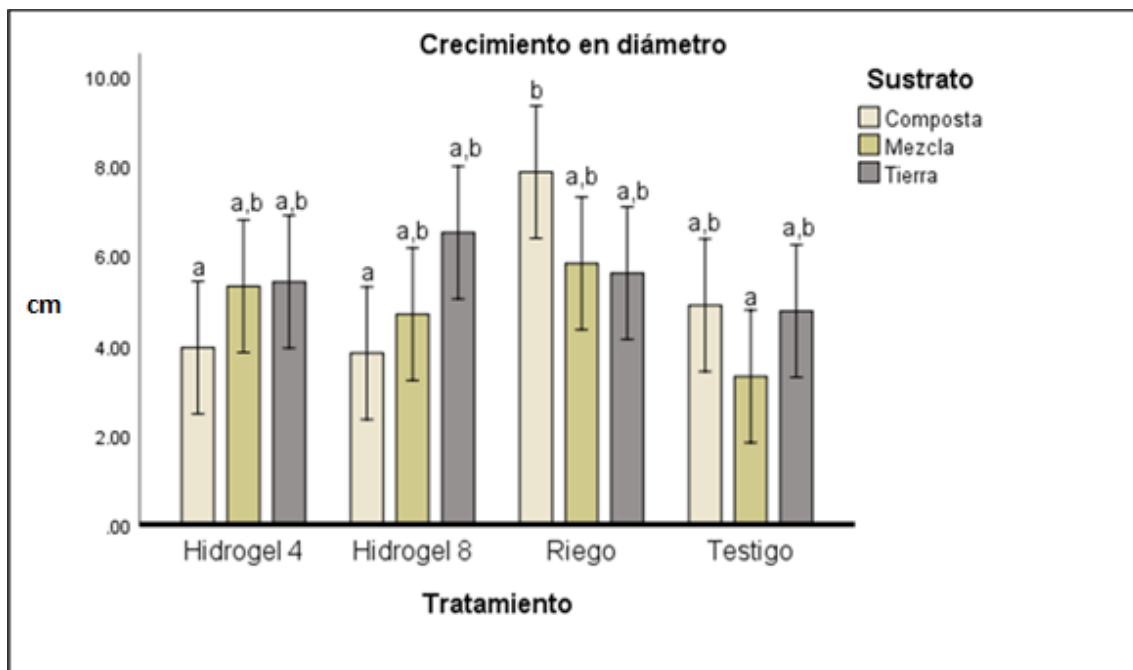


Figura 3. Incrementos en diámetro utilizando mezcla de tratamientos de riego auxiliar y tres diferentes sustratos.

Los incrementos en altura registraron valores más altos en los individuos que contemplaron en su mezcla, riego y composta los cuales fueron estadísticamente diferentes ( $p < 0.05$ ) en comparación a los demás tratamientos, determinando un promedio de  $58 \pm 9$  cm. Consecutivamente, el riego e hidrogel a 8 g combinado con tierra de monte registró valores de  $42 \pm 8$  cm. Con respecto a aquellos que involucraron la tierra de monte y el sustrato químico presentaron valores promedio de  $35 \pm 8$  cm. Por último, los valores más bajos se obtuvieron de aquellos que combinaron hidrogel y composta en sus diferentes proporciones, así como aquellos que no tuvieron ningún tratamiento auxiliar para resguardar la humedad en el sustrato, mostrando valores promedio de  $20 \pm 6$  cm. Leopold *et al.* (2001) y Hernández- Hernández *et al.* (2019), mencionan que parte una de las causas principales de la disminución de crecimiento en altura y muerte de esta especie se debe al ramoneo por parte de ganado bovino y el ataque al sistema radicular por tuzas, mismos a los que en este caso estuvo expuesta la especie. Por otro lado, Basave-Villalobos *et al.*, (2014) también mencionan que los crecimientos en altura son mucho mayores cuando son sometidos a algún tipo de tratamiento en comparación con un testigo.

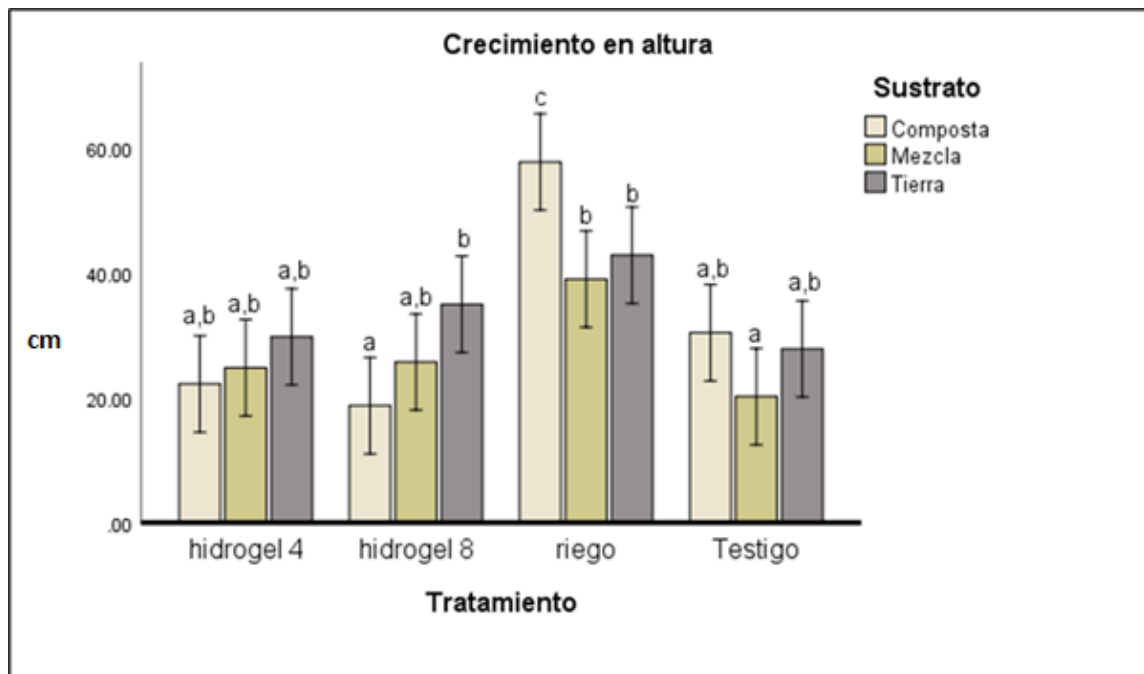


Figura 89. Incrementos en altura utilizando mezcla de tratamientos de riego auxiliar y tres diferentes sustratos.

## **II.6. CONCLUSIÓN**

De acuerdo con la hipótesis planteada se afirma por medio de los resultados obtenidos que el uso de cualquier tratamiento pregerminativo, como el uso de pinzas para la extracción de la testa y la inmersión de la semilla en agua hirviendo permiten aumentar el porcentaje de germinación y la velocidad de reacción de embriones emergentes.

Aun y cuando el tratamiento de escarificación con pinzas obtuvo el porcentaje de germinación más alto, no existe diferencia estadística significativa con el tratamiento de lixiviación en agua a 100° C, y diferencias estadísticas con respecto al testigo, por lo tanto, por cuestión de practicidad se recomienda el tratamiento de agua a 100 grados durante 10 minutos, para minimizar los costos y reducir los tiempos de trabajo.

Referente a los sustratos, se recomienda utilizar cualquiera de los propuestos en la presente investigación, ya que su uso no reflejó diferencias estadísticamente significativas en el promedio de semillas germinadas de *E. cyclocarpum*.



Atendiendo a la hipótesis planteada se acepta, ya que, al combinar un tipo de sustrato y humedad inducida por distintos tipos, se puede elevar el porcentaje de sobrevivencia, así como las características dasométricas de *E. cyclocarpum* en una plantación.

## II.7. BIBLIOGRAFÍA

Aguirre C., O. A. (2015). Manejo Forestal en el Siglo XXI. Madera y bosques 17-28. <https://doi.org/10.21829/myb.2015.210423>

Barrientos-Ramírez, L., J. J. Vargas-Radillo, M. Segura-Nieto, R. Manríquez-González, F. A. López-Dellamary. (2015). Nutritional evaluation of mature seeds of *Enterolobium cyclocarpum* (parota) from diverse ecological zones in western Mexico. *Bosque* 36(1): 95-103. DOI: 10.4067/S0717-92002015000100010

Basave Villalobos, E., M. A. López López, V. M. Cetina Alcalá, A. Aldrete & J. J. Almaraz Suárezn. (2014). Cultural practices in the nursery that affect seedling quality of *Enterolobium cyclocarpum*. *Bosque (Valdivia)*, 35(3), 301-309. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002014000300005>

Baskin, J. M. and C. C. Baskin. (2004). A classification system for seed dormancy. *Seed Science Research* 14:1-17.

Benítez B., G., M. T. P. Pulido S. y M. Equihua Z. (2004). Árboles multiusos nativos de Veracruz para reforestación: restauración y plantaciones. Instituto de Ecología, A.C. SIGOLFO, Comisión Nacional Forestal. Xalapa, Ver., México. 288 p.

Buch, M. S., L. F. Jara y E. Franco. (1997). Viabilidad de semillas pretratadas de *Caesalpinia velutina* (B. & R.) Standl., *Enterolobium cyclocarpum* (J.) Griseb. y *Leucaena leucocephala* (Lamb.) de Wit. *Boletín de Mejoramiento Genético y Semillas Forestales* 18: 8-14. <http://hdl.handle.net/11554/6922>. (8 de marzo de 2020)

Cibrián T., D. (2013). Manual para la identificación y manejo de plagas de plagas en plantaciones forestales comerciales. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Edo. de Méx., México. 229 p. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2017.07.041>

Comisión Forestal Nacional (CONAFOR). 2019. El sector mexicano en cifras. <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/1/7749E1%20Sector%20Forestal%20Mexicano%20en%20Cifras%202019.pdf> (20 de noviembre de 2020)

Couttolenc-Brenis, E., J. A. Cruz-Rodríguez, E. Cedillo-Portugal y M. A. Musálem. (2005). Uso local y potencial de las especies arbóreas en Camarón de Tejeda, Veracruz. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 11(1): 45-50. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.crossmark-policy>

Craven, D., D. Braden, M.S. Ashton, G.P. Berlyn, M. Wishnie & D. Dent. (2007). Between and within-site comparisons of structural and physiological characteristics and foliar nutrient content of 14 tree species at a wet, fertile site and a dry, infertile site in Panama. *Forest Ecology and Management* 238: 335-346. DOI: 10.1016/j.foreco.2006.10.030

Czabator, F. J. (1962). Germination value: an index combining speed and completeness of pine seed germination. *Forest Science* 8 (4):386-396. <https://doi.org/10.1093/forestscience/8.4.386>.

Espejel, I. y E. Martínez. (1979). El guanacaste. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Botánicos. Comunicado 33. Jalapa, Ver., México. 4 p.

FAO y PNUMA. (2020). El estado de los bosques del mundo 2020. Los bosques, la biodiversidad y las personas. Roma. <https://doi.org/10.4060/ca8642es> (15 de diciembre de 2019)

Foroughbakhch R, M. A. Alvarado-Vázquez, J. L. Hernández-Piñero, A. Rocha-Estrada, M. A. Guzmán-Lucio, E. J. Treviño-Garza. (2006). Establishment, growth and biomass production of 10 tree woody species introduced for reforestation and ecological restoration in northeastern Mexico. *Forest Ecology and Management* 235: 194-201. DOI: 10.1016/j.foreco.2006.08.012

García, E. (1998). Climas (Clasificación de Köppen, modificada por García) Escala 1:1 000 000. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F., México. [http://www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/F047\\_Cartografia.pdf](http://www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/F047_Cartografia.pdf) (18 de agosto de 2020).

González-Olivas, E. E. y A. U. Hernández López. (2014). Evaluación de tres niveles de inclusión de guanacaste (*Enterolobium cyclocarpum*) en dietas de conejos (*Oryzolagus cuniculus*) (Doctoral dissertation, UCATSE). (17 de enero de 2021) <http://repositorio.ucatse.edu.ni/id/eprint/22>. (17 de enero de 2021)

Hernández V., G., L. R. Sánchez V. y F. Aragón. (2001). Tratamientos pregerminativos en cuatro especies arbóreas de uso forrajero de la selva baja caducifolia de la sierra de Mazatlán. *Foresta Veracruzana* 3 (1):9-15. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49730102>. (12 de diciembre de 2020)

Hernández, J., O. Aguirre, E. Alanís, J. Jiménez, M. A. González. (2013). Efecto del manejo forestal en la diversidad y composición arbórea de un bosque templado del noroeste de México. *Revista Chapingo serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 19 (3): 189-199. <http://doi: 10.5154/r.rchscfa.2012.08.052>

Hernández-Hernández, M. L., M. V. Velasco-García, J. López-Upton, R. Galán-Larrea, C. Ramírez-Herrera & H. Viveros-Viveros. (2019). Crecimiento y supervivencia de procedencias de *Enterolobium cyclocarpum* en la costa de Oaxaca, México. *Bosque (Valdivia)*, 40(2), 173-183. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002019000200173>

International Seed Testing Association (ISTA). (1993). International Rules for Seed Testing Rules 1993. *Seed Science and Technology* 21: Supplement: 1-75

Jiménez-Pascual, J. L. (2011). Evaluación de plantaciones forestales comerciales de parota *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb., en el estado de Colima. Tesis de Licenciatura. Uruapan, México. Facultad de Agrobiología, Universidad

Kappelle, M., M. M. Van Vuuren and P. Baas. (1999). Effects of climate change on biodiversity: a review and identification of key research issues. *Biodiversity & Conservation* 8 (10): 1383-1397. <https://doi.org/10.1023/A:1008934324223>.

Leopold, A.C, R Andrus, A Finkeldey, D Knowles. (2001). Attempting restoration of wet tropical forests in Costa Rica. *Forest Ecology and Management* 142: 243-249. DOI: 10.1016/S0378-1127(00)00354-6

Lozano E., C., A. Zapater, M., C. Mamani, B. Flores, C., N. Gil, M. & S. Sühling, S. (2016). Efecto de pretratamientos en semillas de *Enterolobium contortisiliquum* (Fabaceae) de la selva pedemontana argentina. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 51 (1): 79-87. <http://dx.doi.org/10.31055/1851.2372.v51.n1.14414>.

Makocki, M. W. & J. I. Valdez-Hernández. (2001). Radial growth periodicity of tree species in a semi-deciduous tropical forest of the Pacific coast of México: Implications for their management. In *Proceedings of the IUFRO joint symposium on tree seed technology, physiology and tropical silviculture*. Los Baños, Philippines. University of the Philippines. p. 85-96. URL: [https://www.researchgate.net/publication/264975223\\_Radial\\_growth\\_periodicity\\_of\\_tree\\_species\\_in\\_a\\_semi-deciduous\\_tropical\\_forest\\_of\\_the\\_Pacific\\_coast\\_of\\_Mexico\\_Implications\\_for\\_their\\_management](https://www.researchgate.net/publication/264975223_Radial_growth_periodicity_of_tree_species_in_a_semi-deciduous_tropical_forest_of_the_Pacific_coast_of_Mexico_Implications_for_their_management)

Marroquín C., J. J. (2018). Germinación, facilitación y competencia entre plantas del noreste de México y su relación con la filogenia (Doctoral dissertation, Universidad Autónoma de Nuevo León. Linares, N.L., México. <https://doi.org/10.5154/r.rchsza.2015.03.002>

Martínez H., A. (1979). Producción de leña en zona seca de Guatemala. In: Salazar, R. (Ed.). *Técnicas de producción de leña en fincas pequeñas y recuperación de sitios degradados por medio de la silvicultura intensiva*. Actas.

CATIES, FAO, MAB. Turrialba, Costa Rica. pp. 77–89.  
<https://doi.org/10.15517/rac.v38i1.15166>

Martínez, M. (1966) Catálogo de Nombres Vulgares y Científicos de Plantas Mexicanas. FCE. México. 1247 pp.  
<https://doi.org/10.2307/1220612>

Moya, R., Leandro L., Murillo O. (2009). Wood characteristics of *Terminalia amazonia*, *Vochysia guatemalensis* and *Hyeronima alchorneoides* planted in Costa Rica. *Revista Bosques* 30(2):78-87.  
<https://doi.org/10.4067/s0717-92002009000200003>

Muñoz, F. H. J., J. J. García M., G. Orozco G., V. M. Coria Á. y M. B. Nájera-Rincón. (2013). Evaluación de una plantación con dos especies tropicales cultivadas en diferentes tipos de envases. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 4(18): 28-43. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v4i18.387>

Muñoz-Flores, H., J. Sáenz-Reyes, A. Rueda-Sánchez, D. Castillo-Quiroz, F. Castillo-Reyes y D. Ávila-Flores. (2016). Areas with Potential for Commercial Timber Plantations of *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb. In Michoacán, México. *Open Journal of Forestry* 6: 476-485.  
<https://doi.org/10.4236/ojf.2016.65036>

Olivares-Pérez, J., F. Avilés-Nova, B. Albarrán-Portillo, S. Rojas-Hernández, O.A. Castelán-Ortega. (2011). Identificación, usos y medición de leguminosas forrajeras en ranchos ganaderos del sur del Estado de México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 14(2): 739-748. <http://www.redalyc.org/pdf/939/93918231039.pdf>

Pennington, T. D, J. Sarukhán. (2005). Árboles tropicales de México. Manual para la identificación de las principales especies. Ciudad de México, México. UNAM. 523 p.

Pineda-Herrera, E., J. I. Valdez-Hernández, C. P. Pérez-Olvera, R. Dávalos-Sotelo. (2017). Fenología, incremento en diámetro y periodicidad de anillos de crecimiento de *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb (Leguminosae) en Costa Grande, Guerrero, México. *Polibotanica* 43: 1-21. DOI: 10.18387/polibotanica.43.9

Quino-Pascual K. (2013). Germinación de semillas y crecimiento inicial de plántulas de *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb. procedentes de la costa de Oaxaca. Tesis de Licenciatura. Xalapa, México. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Veracruzana. 68 p. <https://doi.org/10.19136/kuxulkab.a25n53.3399>

Salas-Morales, S. H., A. Saynes-Vázquez, L. Schibli. (2003). Flora de la Costa de Oaxaca, México: lista florística de la región de Zimatán. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 72: 21-58. <https://doi.org/10.2307/3241377>

Sánchez J., A., J. Reino, B. Muñoz, Y. González, L. Montejó, y R. Machado. (2005). Efecto de los tratamientos de hidratación-deshidratación en la germinación, la emergencia y el vigor de las plántulas de *Leucaena leucocephala* cv. Cunningham. *Pas. For.* 28: 209-220. <https://doi.org/10.31047/1668.298x.v37.n2.24889>

Sánchez P., Y. y M. Ramírez-Villalobos. (2006). Tratamientos pregerminativos en semillas de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. y *Prosopis juliflora* (Sw.) DC. *Revista de la Facultad de Agronomía* 23 (3): 257-272. [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0378-78182006000300001&lng=es&tlng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-78182006000300001&lng=es&tlng=es). (2 de febrero de 2021)

Serratos A., J. C. (2000). Aislamiento y caracterización de proteínas de las semillas maduras de *Enterolobium cyclocarpum* para su aprovechamiento alimenticio. Tesis de doctorado. Universidad de Colima. Postgrado Interinstitucional en Ciencias Pecuarias. Tecoman, Col., México. 76 p. [https://doi.org/10.17138/tgft\(3\)104-111](https://doi.org/10.17138/tgft(3)104-111)

Serratos Arévalo, J. C., J. Carreón Amaya, H. Castañeda Vázquez, P. Garzón De la Mora & J. García Estrada. (2008). Nutritional-chemical composition and antinutritional factors in seeds of *Enterolobium cyclocarpum*. *Interciencia*, 33(11), 850-854. Recuperado en 04 de mayo de 2021, de [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0378-18442008001100015&lng=es&tlng=en](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442008001100015&lng=es&tlng=en).

Shaw, D. V., & Allard, R. W. (1982). Estimation of outcrossing rates in Douglas-fir using isozyme markers. *Theoretical and Applied Genetics* 62(2), 113-120. <https://doi.org/10.1007/BF00293342>.

Van Kessel, CPRJ, T. Wood, J. Montano. (1983). 15N2 Fixation and H2 evolution by six species of tropical leguminous trees. *Plant Physiol.* 72: 909-910. <https://doi.org/10.1104/pp.72.3.909>

Vargas, M. F. (1997). *Compendio de Árboles Históricos y Notables de México*. Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAP. México. 69 pp.

Vázquez-Yanes, C. y B. Pérez G. (1977). Notas sobre la morfología, la anatomía de la testa y la fisiología de las semillas de *Enterolobium cyclocarpum*. *Turrialba* 27:427-430.

Velasco-García, M. V., M. L. Hernández-Hernández, C. Ramírez-Herrera, M. E. Romero-Sánchez & L. Muñoz-Gutiérrez. (2019). Mortalidad y sanidad de procedencias de *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb. en la costa de Oaxaca. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 10(56), 196-217. Epub 30 de abril de 2020. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v10i56.462>

Viveros H., J. D. Hernández P., M. V. Velasco G., R. Robles S., C. Ruiz M., A. Aparicio R., M. de J. Martínez H., J. Hernández V. y M. Hernández H. 2015. Análisis de semilla, tratamientos pregerminativos de *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb. y su crecimiento inicial. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 6(30): 52-65. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v6i30.207>



White TL, TW Adams, DB Neale. 2007. Forest Genetic. Cambridge, USA. CAB International. 682 p.

Zar, J. H. 2010. Biostatistical Analysis. New Jersey: Prentice Hall. ISBN-13: 978-0321656865